

УДК 664.8.03

**Т. М. Шачек, Д. Е. Ивашко, З. Е. Егорова**

Белорусский государственный технологический университет

**ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО СОКА**

Определены критерии для обоснования выбора сорта столовой свеклы при производстве концентрированного сока. Проведены исследования по оценке химико-технологических характеристик столовой свеклы различных сортов, районированных в Республике Беларусь, и их динамики на различных этапах изготовления свекольного концентрированного сока.

Объектами исследования являлись свежесобранные и хранившиеся корнеплоды столовой свеклы, полуфабрикаты и опытные образцы продукции, полученные в лабораторных и промышленных условиях. Опытные образцы концентрированного сока получали при различных режимах (температура, продолжительность воздействия, pH) технологической обработки свеклы – ее очистки и измельчения, бланширования мякоти, выпаривания сока. В изучаемых объектах определяли массовые доли сухих веществ и сахаров, кислотность и содержание бетанина. Исследования выполнены с применением стандартных методов анализа и соблюдением принципов прослеживаемости измерений.

Для промышленной переработки столовой свеклы на концентрированный сок предложены корнеплоды сортов Бордо и Цилиндра. Они характеризовались содержанием сухих веществ ( $\geq 17,0\%$ ), кислотностью ( $\geq 0,1\%$ ) и содержанием бетанина ( $\geq 125$  мг/100 г), соответствующих технологическим требованиям для сортов столовой свеклы, предназначенных для консервирования. Установлена стабильность исходного уровня бетанина в свекле при ее хранении в стандартных условиях 0–1°C до 6 месяцев. Потери бетанина при получении концентрированного свекольного сока из свеклы различных ботанических сортов составили 35–69%.

**Ключевые слова:** столовая свекла, сорт, технический анализ, химический анализ, опытное консервирование, концентрированный сок.

**T. M. Shachek, D. E. Ivashko, Z. E. Yegorova**

Belarusian State Technological University

**CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL TESTS OF BEETROOT  
IN THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF OBTAINING CONCENTRATED  
JUICE FROM IT**

The criteria for choosing roots crops for processing beetroot into concentrated juice were defined. Researches on an assessment of chemical and technological characteristics of the roots of various botanical crops zoned in the Republic of Belarus and their dynamics at various stages of production of the concentrated juice are conducted.

The objects of research were the fresh and stored beetroot, semi-processed and experimental crops produced in laboratory and under industrial conditions. Experimental samples of the concentrated juice were received at the various modes of technological processing of beetroot (temperature, duration, pH): peeling, grinding, pulp blanching, and juice evaporation. In the studied objects the dry solids and sugars weight ratio, acidity and betanin content were defined. Standard methods of the analysis and principles of traceability of measurements were used for investigation.

Beetroot of botanical varieties Bordo and Cylindra was offered for industrial processing for concentrated juice. They contain more than 17.0% of dry solids, more than 0.1% acidity and more than 125 mg/100 g of a betanin, which correspond to the technological requirements to beetroot crops, which is used for canning. Stable content of betanin in beetroot during its storage in standard conditions (0–1°C) till 6 months was established. Betanin loss in obtained concentrated juice range 35–69%.

**Key words:** beetroot, botanical crops, technical analysis, chemical analysis, experimental canning, concentrated juice.

**Введение.** Производство концентрированного сока является одним из перспективных направлений развития консервной отрасли АПК Беларуси. Увеличение доли перерабатываемого сырья сразу после сбора урожая позволяет со-

кратить экономические затраты и естественные потери, имеющие место при его длительном хранении. Из промышленно выращиваемых в Республике Беларусь овощных культур следует выделить столовую свеклу, объемы производства

которой в среднем составляют 60–75 тыс. т в год. Однако выпускаемый ассортимент консервированной продукции из нее ограничен натуральными консервами, маринованным и сушеным продуктом. В то же время, сегодня на внутреннем и внешнем рынках востребованным является свекольный концентрированный сок, который используется в качестве пищевой добавки при производстве различных видов кондитерской и рыбной продукции.

Важной потребительской характеристикой концентрированного сока из свеклы является его насыщенный красный цвет, обусловленный содержанием бетанина. Бетанин – растительный пигмент, содержащийся преимущественно в столовой свекле, относится к бетацианинам, которые помимо красящей способности, обладают высокой биологической активностью благодаря их антиоксидантным свойствам [1].

Разработка и внедрение технологии концентрированного свекольного сока на отечественных предприятиях обусловила необходимость проведения исследований по обоснованию выбора ботанических сортов свеклы, соответствующих технологическим требованиям (табл. 1) [2], и наиболее пригодных для получения готового продукта с прогнозируемыми характеристиками качества, что и являлось целью данной работы.

Таблица 1  
**Технологические требования к сортам столовой свеклы, предназначенным для переработки**

Показатели	Норматив
Форма корнеплода	Округлая без разветвлений
Размер корнеплода, см	6–10
Цвет мякоти	Однородный темно-красный
Содержание: сухих веществ, %	17–18
сахаров, %	Не менее 10
бетанина, мг/100 г	Не менее 100

**Основная часть. Материалы и методы исследования.** В основу проведения исследований была положена методика химико-технологических испытаний растительного сырья, разработанная специалистами Всероссийского научно-исследовательского института консервной и овощесушильной промышленности, включающая:

- технический анализ сырья (форма, размер и цвет);
- химический анализ сырья (по основным показателям);
- опытное консервирование (по основным технологическим режимам) [2].

Объектами исследования были образцы свеклы столовой сортов Красный шар, Боро, Бордо

и Цилиндра урожая 2012–2013 гг., выращенные в хозяйствах АПК Республики Беларусь.

Технический анализ сырья проводили методом визуальной оценки корнеплодов свеклы различных сортов и сравнения их характеристик с описаниями, приведенными в источнике [3]. Химический анализ сырья проводили путем исследований свежесобранных корнеплодов по следующим показателям: массовые доли сухих веществ и сахаров, общая титруемая кислотность и содержание бетанина.

Для оценки влияния режимов конкретного технологического процесса на показатели качества корнеплодов (опытное консервирование) сортов, выбранных по результатам исследований на двух предыдущих этапах анализа, была изучена динамика бетанина в процессе хранения свеклы и ее переработки на концентрированный сок.

Хранение корнеплодов осуществлялось в течение 6 месяцев в регулируемых условиях (специализированное хранилище) – при температуре 0–1°C. Отбор образцов осуществляли 1 раз в месяц.

Опытное консервирование проводилось в лабораторных и промышленных условиях. Этапы экспериментальных исследований по изучению влияния различных технологических режимов (температура, продолжительность воздействия, pH) получения концентрированного сока из свеклы – очистка и измельчение корнеплодов, бланширование мякоти, выпаривание сока – приведены в табл. 2–3.

Таблица 2  
**Этапы экспериментальных исследований по изучению влияния режимов подготовки корнеплодов свеклы на содержание в ней бетанина**

1. Мойка корнеплодов свеклы			
2.1. Очистка паром		2.2. Механическая очистка	
3. Измельчение корнеплодов (мезга)			
3.1. Перемешивание мезги	3.2. Перемешивание мезги + добавление ЛК*	3.3. Перемешивание мезги	3.4. Перемешивание мезги + добавление ЛК*
4. Бланширование			

\* ЛК – лимонная кислота; лимонную кислоту добавляли до pH = 4,0–4,2.

Всего было изучено 48 свежесобранных и 54 хранившихся образцов корнеплодов, 42 образца полуфабрикатов продукции и 12 образцов концентрированного сока из свеклы.

Таблица 3

**Этапы исследований по изучению влияния температуры выпаривания на содержание бетанина в концентрированном соке из свеклы**

1. Мойка корнеплодов		
2. Механическая очистка		
3. Отжим сока и его фильтрование		
4. Выпаривание сока (до содержания растворимых сухих веществ – 36%)		
$t = 60^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 120$ мин	$t = 70^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 60$ мин	$t = 80^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 45$ мин

Методики выполнения измерений (далее – МВИ), используемые в работе, представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Методы определения показателей**

Наименование показателя	Метод контроля
Массовая доля сухих веществ	Гравиметрический – ГОСТ 28561–90 [4], п. 2
Общая титруемая кислотность	Титриметрический – ГОСТ 25555.0–82 [5], п. 4
Массовая доля сахаров	Титриметрический – ГОСТ 8756.13–87 [6], п. 2
Массовая доля растворимых сухих веществ	Рефрактометрия – ГОСТ 28562–90 [7]
Содержание бетанина	Фотометрия [8]

*Результаты исследования.* Технические характеристики корнеплодов исследуемых сортов столовой свеклы приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Техническая характеристика корнеплодов свеклы**

Сорт	Характеристики корнеплодов		
	цвет	форма	размер, см
Бордо	Темно-красный	Округлая и округло-плоская	9–11
Боро	Красный	Округлая	8–10
Красный шар	Карминно-красный	Округлая	6–10
Цилиндра	Темно-красный	Цилиндрическая	4–7

Из данных, приведенных в табл. 5, видно, что все исследуемые сорта столовой свеклы по техническим характеристикам (цвет, форма и размер корнеплодов) соответствовали требованиям, предъявляемым к сырью, используемому для консервирования (табл. 1) [2]. В описании

данных сортов [3], указано, что все они пригодны для промышленной переработки.

Результаты исследований химического состава свежесобранных корнеплодов столовой свеклы представлены в табл. 6.

Таблица 6

**Результаты определения химических показателей в свежесобранных образцах свеклы**

Показатель	Фактические результаты исследований для сортов свеклы				Норматив	Справочные данные
	Бордо	Боро	Цилиндра	Красный шар		
М.д. СВ*, %	17,2	15,4	17,3	16,7	17,0–18,0	13,5–14,0
Кислотность, %	0,10	0,13	0,15	0,14	–	0,10
М. д. сахаров, %	8,3	8,2	8,5	8,7	≥10,0	9,0
Содержание бетанина, мг/100 г	129	86	189	75	≥100	33–195

\* М. д. – массовая доля; СВ (здесь и далее) – сухие вещества.

Экспериментальные данные, приведенные в табл. 6, указывают на то, что не все полученные значения изучаемых показателей столовой свеклы согласовывались со справочными данными [1, 9]. Так, у всех исследуемых образцов свежесобранной свеклы содержание сухих веществ (15,4–17,3) превысило показатели, приведенные в справочной литературе [9]. Аналогичные результаты были получены и для общей титруемой кислотности, которая незначительно отличалась для всех проб и находилась в пределах 0,10–0,15%, но при этом была выше справочных значений [9]. Вместе с тем содержание сахаров во всех образцах (8,2–8,7%) было ниже, чем указано в источнике [9]. Полученные результаты подтверждают данные ученых об ухудшении показателей качества растительного сырья, выращиваемого в последние десятилетия, что связано с применением интенсивных технологий возделывания столовой свеклы, которые преимущественно направлены на повышение урожайности [2].

Сравнение экспериментальных данных с установленными технологическими требованиями [2] показали, что корнеплоды свеклы всех исследуемых сортов не соответствовали нормативу по содержанию сахара. Вместе с тем образцы корнеплодов Бордо и Цилиндра содержали сухие

вещества (17,2 и 17,3% соответственно) в пределах, рекомендуемых для сортов свеклы, предназначенной для промышленной переработки.

Результаты определения бетанина в корнеплодах свеклы (75–189 мг/100 г) согласовывались с данными, приведенными в научной литературе (33–195 мг/100 г) [1]. Наибольшие уровни этого пигмента были установлены в образцах свеклы сортов Бордо (129 мг/100 г) и Цилиндра (189 мг/100 г), которые соответствовали технологическим требованиям по данному показателю (не менее 100 мг/100 г) [2].

Следовательно, проведенная комплексная оценка изучаемых характеристик в свежесобранном корнеплодах столовой свеклы различных сортов (табл. 6), и сравнение полученных данных с требованиями, предъявляемыми к сырью [2], свидетельствовали о соответствии таких показателей, как содержание сухих веществ и бетанина, только в корнеплодах сортов Бордо и Цилиндра, которые были выбраны для следующего этапа исследований – опытного консервирования.

Результаты изучения динамики бетанина в хранившихся в течение 6 месяцев при температуре 0–1°C корнеплодах свеклы сорта Цилиндра представлены на рис. 1.

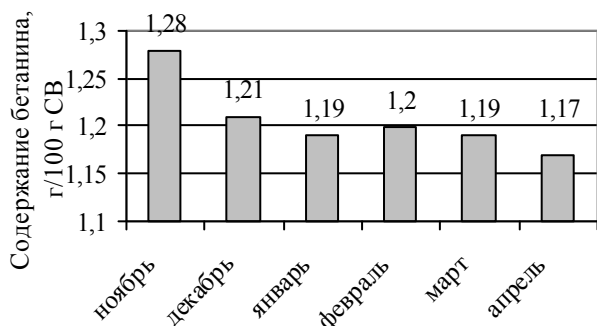


Рис. 1. Изменение содержания бетанина в процессе хранения свеклы сорта Цилиндра

Как видно из представленных данных, в исследуемых образцах свеклы при ее хранении в стандартных условиях содержание пигмента практически не изменялось: показатель варьировал в пределах 1,5–5,5%.

Результаты исследований по определению влияния режимов подготовки свеклы на содержание пигмента бетанина приведены на рис. 2–3. Экспериментальные данные подтверждают сведения, приведенные в литературе, о положительном влиянии лимонной кислоты на сохранение бетанина в свекле при ее подготовке к консервированию. Так, при бланшировании свекольной мезги без добавления лимонной кислоты потери пигмента составили 15,0%. Вместе с тем предварительное подкисление мезги перед

бланшированием способствовало его сохранению на прежнем уровне (рис. 2).

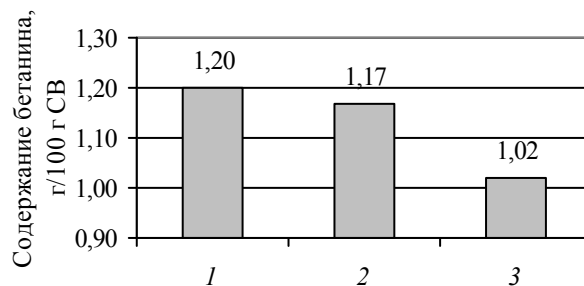


Рис. 2. Изменение содержания бетанина в свекле при бланшировании ее мезги:

1 – свекла свежая; 2 – мезга с лимонной кислотой, бланшированная; 3 – мезга без лимонной кислоты, бланшированная

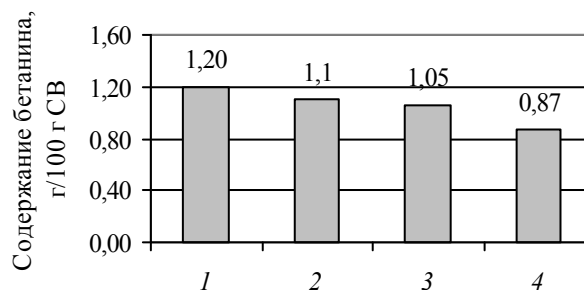


Рис. 3. Изменение содержания бетанина в свекле при ее паровой очистке и бланшировании мезги:

1 – свекла свежая; 2 – свекла после паровой очистки; 3 – мезга с лимонной кислотой, бланшированная; 4 – мезга без лимонной кислоты, бланшированная

При очистке свеклы паром содержание бетанина снижалось на 9,3% (рис. 3), а в процессе ее дальнейшей обработки либо практически не изменялось, как при бланшировании мезги с лимонной кислотой, либо значительно уменьшалось (на 19,2%) – при бланшировании мезги без дополнительной обработки лимонной кислотой.

Таким образом, полученные экспериментальные данные, указывают на то, что предварительное снижение pH свекольной мезги с помощью пищевых кислот позволяет сохранить 96,5–97,5% исходного уровня исследуемого пигмента в сырье после очистки. Потери бетанина в свекле при тепловой обработке мезги без добавления кислот достигают 15,0–20,0%.

Результаты оценки влияния температуры выпаривания на содержание бетанина в концентрированном свекольном соке представлены на рис. 4. Лабораторный эксперимент показал, что с увеличением температуры и уменьшением времени выпаривания (табл. 3) потери бетанина снижались и составили 45,1, 34,5 и 33,6% для 60, 70 и 80°C соответственно.

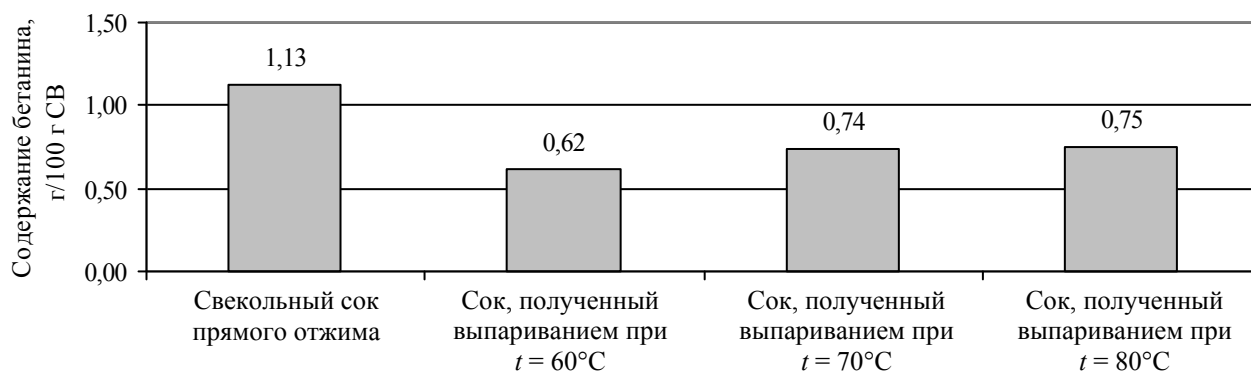


Рис. 4. Содержание бетанина в образцах концентрированного свекольного сока (на примере свеклы сорта Бордо), полученных способом выпаривания при различных температурах

Результаты сравнительного анализа содержания бетанина в свежееотжатом и концентрированном соках, полученных при переработке корнеплодов свеклы сортов Бордо и Цилиндра, представлены на рис. 5.

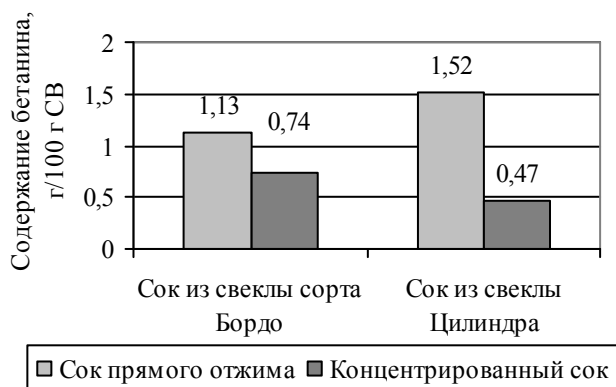


Рис. 5. Содержание бетанина в соках прямого отжима и концентрированных соках

Приведенные на рис. 5 данные указывают на потери исследуемого растительного пигмента в образцах концентрированного сока, полученных способом выпаривания ( $t = 70^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 60$  мин), до 34,5% – при переработке корнеплодов сорта Бордо и до 69,0% – для сорта Цилиндра.

**Закключение.** Проведенные экспериментальные исследования по определению химико-

технологических характеристик столовой свеклы, районированной в Республике Беларусь, и их динамики в процессе хранения и переработки сырья позволяют сделать следующие выводы:

- для промышленной переработки на концентрированный сок рекомендована свекла столовая сортов Бордо и Цилиндра, так как в их свежееубранных корнеплодах содержание сухих веществ и бетанина соответствовало технологическим требованиям, предъявляемым к сырью для консервирования;

- в процессе хранения свеклы в стандартных условиях ( $0-1^{\circ}\text{C}$ ) содержание бетанина не изменялось относительно исходного уровня в сырье, закладываемом на хранение;

- потери бетанина при тепловой обработке мезги (15,0–20,0%) можно значительно сократить (до 2,5–4,2%) путем ее предварительной обработки лимонной кислотой до достижения активной кислотности 4,0–4,2 ед. рН;

- режимы выпаривания сока прямого отжима –  $t = 70^{\circ}\text{C}$  в течение 60 мин и  $t = 80^{\circ}\text{C}$  в течение 45 мин – характеризовались равнозначной степенью снижения уровня бетанина (34,0%) в концентрированном продукте;

- общие потери исследуемого пигмента при переработке корнеплодов свеклы сортов Бордо и Цилиндра на концентрированный сок составили 34,5 и 69,0% соответственно.

### Литература

1. Бетацианины корнеплодов красной столовой свеклы / И. И. Саенко [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 3 (122). Вып. 18. С. 194–200.
2. Мегердичев Е. Я. Технологические требования к сортам овощных и плодовых культур, предназначенным для различных видов консервирования. М.: Россельхозакадемия, 2003. 95 с.
3. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород. Минск: Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений, 2013. 250 с.
4. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги: ГОСТ 28561–90. Введ. 01.07.91. М.: Стандартинформ, 2011. 11 с.
5. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности: ГОСТ 25555.0–82. Введ. 01.01.83. М.: Стандартинформ, 2010. 4 с.

6. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров: ГОСТ 8756.13–87. Введ. 01.01.89. М.: Стандартинформ, 2010. 9 с.
7. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ: ГОСТ 28562–90. Введ. 01.07.91. М.: Стандартинформ, 2010. 12 с.
8. Кардовский А. А. Совершенствование технологии и разработка новых видов купажированных соков из свеклы: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Краснодар: КГТУ, 2008. 153 л.
9. Химический состав пищевых продуктов. В 2 кн. Кн. 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина. М.: Агропроиздат, 1987. 224 с.

### References

1. Saenko I. I., Tarasenko O. V., Deyneka V. I., Deyneka L. A. Betacyanins of red beetroot. *Nauchnyye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki* [Scientific sheets of the Belgorod State University. Series: Natural sciences], 2012, no. 3 (122), pp. 194–200 (in Russian).
2. Megerdichev E. Ya. *Tekhnologicheskie trebovaniya k sortam ovoshchnykh i plodovykh kul'tur, prednaznachennym dlya razlichnykh vidov konservirovaniya* [Requirements to the vegetable and fruit crops intended for different canned products]. Moscow, Rossel'khozakademiya Publ., 2003. 95 p.
3. *Gosudarstvennyy reestr sortov i drevesno-kustarnikovykh porod* [State register of species and wood and shrubby breeds]. Minsk, Gosudarstvennaya inspektsiya po ispytaniyu i okhrane sortov rasteniy Publ., 2013. 250 p.
4. GOST 28561–90. Products of processing of fruits and vegetables. Methods of determination of dry solids or moisture. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 11 p. (In Russian).
5. GOST 25555.0–82. Products of processing of fruits and vegetables. Methods of determination of acidity. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 4 p. (In Russian).
6. GOST 8756.13–87. Products of processing of fruits and vegetables. Methods of definition of sugars. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 9 p. (In Russian).
7. GOST 28562–90. Products of processing of fruits and vegetables. Refractometric method of definition of soluble dry solids. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 12 p. (In Russian).
8. Kardovskiy A. A. *Sovershenstvovaniye tekhnologii i razrabotka novykh vidov kupazhirovannykh sokov iz svekly. Dis. kand. tekhn. nauk* [Improvement of technology and development of new types of blended juice from beetroot. Abstract of thesis cand. of tech. sci.]. Krasnodar, 2008. 153 p.
9. *Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov. V 2 kn. Kn. 1. Spravochnyye tablitsy sodержaniya osnovnykh pishchevykh veshchestv i energeticheskoy tsennosti pishchevykh produktov* [Chemical composition of foodstuff. Book 1. Reference tables of the content of the main nutrients and food energy value of foodstuff]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987. 224 p.

### Информация об авторах

**Шачек Татьяна Михайловна** – кандидат технических наук, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: shachek@tut.by

**Ивашко Дарья Евгеньевна** – магистрант кафедры физико-химических методов сертификации продукции. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: tov13.bgtu@mail.ru

**Егорова Зинаида Евгеньевна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: egorovaze@tut.by

### Information about the authors

**Shachek Tat'yana Mikhaylovna** – Ph. D. Engineering, associate professor, Department of Physical-Chemical Methods of Products Certification. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shachek@tut.by

**Ivashko Dar'ya Evgen'yevna** – undergraduate student, Department of Physical-Chemical Methods of Products Certification. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tov13.bgtu@mail.ru

**Yegorova Zinaida Evgen'yevna** – Ph. D. Engineering, associate professor, associate professor, Department of Physical-Chemical Methods of Products Certification. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: egorovaze@tut.by

Поступила 19.02.2015